

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 08-286065

(43) Date of publication of application : 01.11.1996

(51) Int.Cl.

G02B 6/13  
G02B 5/18

(21) Application number : 07-090891

(71) Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22) Date of filing : 17.04.1995

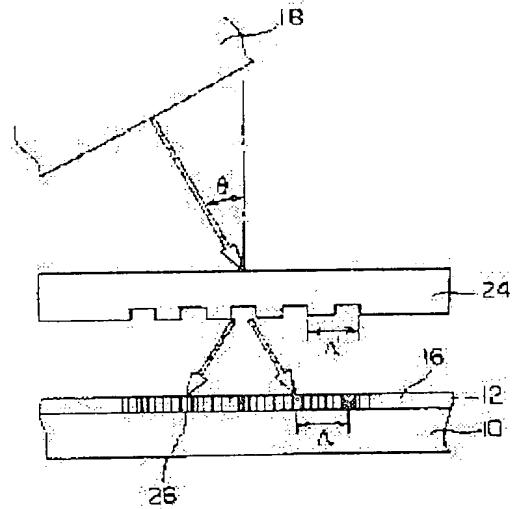
(72) Inventor : IWASHIMA TORU  
INOUE SUSUMU  
MOBARA MASAICHI

## (54) PRODUCTION OF PLANE OPTICAL WAVEGUIDE

## (57) Abstract:

PURPOSE: To provide a novel method capable of easily producing a plane optical waveguide having diffraction gratings.

CONSTITUTION: This process for production has a first stage for forming a first layer 12 added with germanium oxide by using quartz glass as a chief material on a substrate 10, a second stage for forming a core part 16 as an optical waveguide region by irradiating the prescribed region of this first layer 12 with UV light, a third stage for forming the interference fringes of the UV light by irradiating the prescribed region of the core part 16 with the UV light to form refraction gratings 26 in the core part 16 and a fourth stage for forming a second layer by using the quartz glass as a chief material on the first layer 12. The formation of the core part 16 is executed by the irradiation with the UV light in the same manner as for the formation of the diffraction gratings 26 and, therefore, the flow over the entire part of the work is simplified.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

[0016]

First of all, in this example, a substrate 10 made of quartz glass ( $\text{SiO}_2$ ) as a main component is prepared. The substrate 10 is a lower clad layer of a planar optical waveguide.

[0017]

Then, a fine glass particle layer 12 is formed in which a core as an optical waveguide region is formed. Although various methods for forming this layer 12 come to mind, a method in this example is adopted in which as shown in Fig. 1, an oxyhydrogen flame burner 14 is used and fine particles of quartz glass produced in a flame is blown directly onto the substrate 10 while feeding a process gas such as silicon chloride ( $\text{SiCl}_4$ ) or the like serving as a raw material for fine glass particles into the oxyhydrogen flame together with a fuel ( $\text{O}_2$  and  $\text{H}_2$ ). Further, during blowing of the quartz glass fine particles, germanium chloride ( $\text{GeCl}_4$ ) serving as a dopant raw material is fed into the process gas. The burner 14 is repeatedly moved above the substrate 10, thereby forming the fine glass particle layer 12 with a uniform thickness.

[0018]

Thereafter, the substrate 10 on which the fine glass particle layer 12 has been formed is heated in a sintering furnace (not shown), followed by gradual cooling, with the result that the fine glass particle layer 12 is transformed into transparent glass. Thus, the quartz glass layer (a first layer) 12 doped

with germanium oxide is formed on the substrate 10.

[0019]

Although a thickness of the quartz glass layer 12 formed in such a way, a doping concentration of germanium oxide thereof and others are varied, it is preferable that for example, a thickness is 8  $\mu\text{m}$  and a doping concentration of germanium oxide is 5 wt. %.

[0020]

Subsequently, as shown in Fig. 2, in order to form the core 16 as an optical waveguide region in the quartz glass layer 12, the top surface of the quartz glass layer 12 is irradiated with ultraviolet from an ultraviolet light source 18 above the quartz glass layer 12. In this case, as the ultraviolet light source, for example, an argon laser light source (coherent ultraviolet emission of 244 nm in wavelength) or a KrF excimer laser light source (coherent ultraviolet emission of 248 nm in wavelength) is preferably employed. A mask 22 having a slit 20 of the same pattern as the core 16 to be formed is placed between the quartz glass layer 12 and the light source 18, followed by irradiation with ultraviolet from the light source 18.

[0021]

In irradiation with ultraviolet from the light source 18, the ultraviolet is transmitted through the slit 20 of the mask 22, and only a desired section is irradiated. In the ultraviolet irradiated section in the quartz glass layer 12, a refractive

index of the section gradually alters by irradiation with ultraviolet as described above to form the core 16.

[0022]

It is preferable that during irradiation with ultraviolet, for example, not only a light emitting element (not shown) such as an LED light source or the like is oppositely disposed at one end of a portion which is transformed into the core 16, but a light receiving element (not shown) is oppositely disposed at the other end thereof and light from the light emitting element is received by the light receiving element to monitor the light receiving amount. As with the irradiation with ultraviolet, the core 16 gradually forms, the light receiving amount of the light receiving element increases according to a degree of formation thereof; therefore, the core 16 having a desired refractive index can be formed by ceasing the irradiation with ultraviolet when a prescribed value of the light receiving amount is reached. In a case of the above doping concentration of germanium oxide, an ultraviolet irradiation time is usually in the range of 10 to 2000 sec.

[0023]

Note that the irradiation with ultraviolet should not continue until the formation of the core 16 is saturated. In this example, this is because, while a diffraction grating is formed by irradiation with ultraviolet in a similar manner after the formation of the core 16, diffraction grating cannot be

substantially formed even if ultraviolet is irradiated after formation of the core 16 is saturated.

[0024]

After the core 16 is formed as described above, a phase grating 24 is substituted for the mask 22 as shown in Fig. 3 and the core 16 in the quartz glass layer 12 is irradiated with ultraviolet while interfering in the ultraviolet through the phase grating 24 based on the normal phase grating method to thereby form a region in which a refractive index alters along an optical axis of the core 16 in a prescribed period.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-286065

(43)公開日 平成8年(1996)11月1日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 02 B 6/13  
5/18

識別記号

府内整理番号

F I

G 02 B 6/12  
5/18

技術表示箇所

M

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全6頁)

(21)出願番号 特願平7-90891

(22)出願日 平成7年(1995)4月17日

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72)発明者 岩島徹

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 井上享

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 茂原政一

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

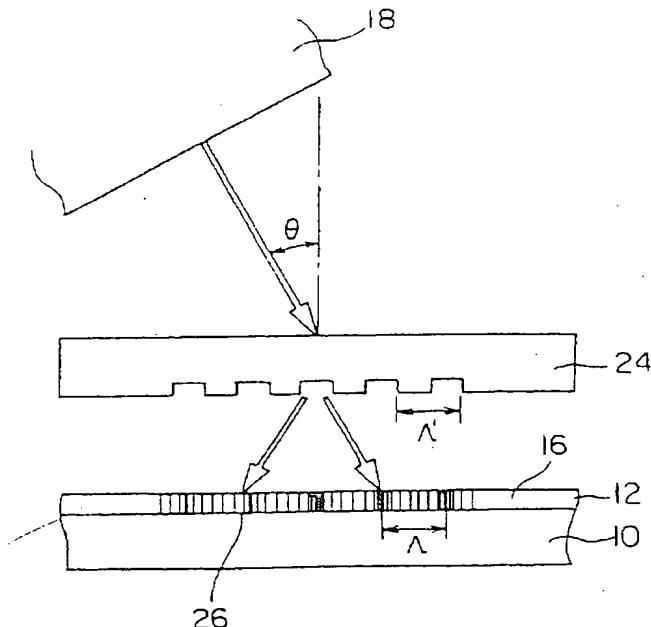
(74)代理人 弁理士 長谷川芳樹 (外3名)

(54)【発明の名称】 平面光導波路の作製方法

(57)【要約】

【目的】 回折格子を有する平面光導波路を容易に作製  
することのできる新規な方法を提供すること。

【構成】 本発明による平面光導波路の作製方法は、基  
板(10)上に、石英ガラスを主材として酸化ゲルマニ  
ウムが添加された第1の層(12)を形成する第1工程  
と、第1の層の所定領域に紫外光を照射し、光導波領域  
としてのコア部(16)を形成する第2工程と、コア部  
(16)に回折格子(26)を形成すべく、コア部(1  
6)の所定領域に紫外光を照射して紫外光の干渉縞を形  
成する第3工程と、第1の層の上に石英ガラスを主材と  
した第2の層(30)を形成する第4工程とを備えるこ  
とを特徴とする。コア部(16)の形成を、回折格子  
(26)の形成と同様に、紫外光照射により行うことと  
したので、作業全体の流れが簡略化される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、石英ガラスを主材として酸化ゲルマニウムが添加された第1の層を形成する第1工程と、

前記第1の層の所定領域に紫外光を照射し、光導波領域としてのコア部を形成する第2工程と、

前記コア部に回折格子を形成すべく、前記コア部の所定領域に紫外光を照射して紫外光の干渉縞を形成する第3工程と、

前記第1の層の上に石英ガラスを主材とした第2の層を形成する第4工程と、を備えることを特徴とする平面光導波路の作製方法。

【請求項2】 前記基板は石英ガラス基板であることを特徴とする請求項1記載の平面光導波路の作製方法。

【請求項3】 前記第3工程において、前記紫外光を2本のコヒーレント光とし、該2本のコヒーレントな紫外光を、前記コア部の光軸に対し互いに補角の関係にある角度をもって、前記コア部の前記所定領域に照射することを特徴とする請求項1又は2記載の平面光導波路の作製方法。

【請求項4】 前記第3工程において、前記干渉縞は、前記紫外光を所定の位相格子に照射してこの位相格子を透過させることにより生じさせることを特徴とする請求項1又は2記載の平面光導波路の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、基板の表面上に光導波領域が形成された、いわゆる平面光導波路に関し、特に、光導波領域の屈折率を光軸に沿って周期的に変化させて回折格子を形成した平面光導波路の作製方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、光通信技術の進展に伴い、ネットワークの複雑化や信号波長の多重化等が進行し、システム構成は高度化しつつある。このような光通信システムでは平面光導波路の重要性が増大している。

【0003】 また、光学部品の一種である回折格子が平面光導波路と組み合わせて使用される場合があるが、光通信システム等に利用する場合には、他の平面光導波路や光ファイバとの接続を容易化し且つ挿入損失を低くするため、光導波領域に回折格子が作り込まれることが好適である。

【0004】 このような光導波領域に回折格子が形成された平面光導波路の作製方法としては、従来、まず火炎堆積法により平面光導波路を作製した後、その平面光導波路の光導波領域であるコア部に紫外光を照射して回折格子を形成するという方法が採られていた。

【0005】 火炎堆積法による平面光導波路作製方法は、例えば特開昭58-105111号公報に記載されているものがある。

【0006】 また、紫外光照射による回折格子形成方法としては、例えば特開昭62-500052号公報に記載のものが知られている。これは、酸化ゲルマニウム( $GeO_2$ )を添加した高屈折率のコア部に、強力な紫外光を照射することにより、当該コア部に周期的な屈折率変化を生じさせ、回折格子を形成するという方法である。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上述したような従来の方法では、平面光導波路のコア部を形成するために手間のかかるエッティング等を行う必要があり、また、平面光導波路の作製と回折格子の形成とが別工程となるため、作業全体が煩雑となる傾向があった。

【0008】 そこで、本発明の目的は、回折格子を有する平面光導波路を容易に作製することのできる新規な方法を提供することにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明による平面光導波路の作製方法は、基板上に、石英( $SiO_2$ )ガラスを主材として酸化ゲルマニウムが添加された第1の層を形成する第1工程と、前記第1の層の所定領域に紫外光を照射し、光導波領域としてのコア部を形成する第2工程と、前記コア部に回折格子を形成すべく、前記コア部の所定領域に紫外光を照射して紫外光の干渉縞を形成する第3工程と、前記第1の層の上に石英ガラスを主材とした第2の層を形成する第4工程とを備えることを特徴としている。

【0010】 前記基板は石英ガラス基板とすることが好適である。

【0011】 また、干渉縞を作るためには、紫外光を2本のコヒーレント光とし、かかる2本のコヒーレントな紫外光を、コア部の光軸に対し互いに補角の関係にある角度をもって、コア部の所定領域に照射する方法と、紫外光を所定の位相格子に照射してこの位相格子を透過させることにより生じさせる方法とが考えられる。

## 【0012】

【作用】 本発明によれば、コア部の形成は、酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラス層に紫外光を照射した場合にその照射部分の屈折率が変化することを利用したものである。

【0013】 この屈折率変化のメカニズムは、完全に解明されてはいないが、重要な原因として、石英ガラス中のゲルマニウムに関連した酸素欠損型の欠陥が考えられたおり、 $Si-Ge$ 又は $Ge-Ge$ 等の中性酸素モノ空孔が想定されている。

【0014】 このように、コア部の形成を、回折格子の形成と同様に、紫外光照射により行うことができ、作業全体の流れが簡略化される。

## 【0015】

【実施例】 以下、図面と共に本発明の好適な実施例につ

いて詳細に説明する。尚、図面において同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、本明細書において用いられる「上」や「下」等の語は便宜的なものであり、図に示す状態における上下を基準としたものである。

【0016】まず、この実施例では、石英(SiO<sub>2</sub>)ガラスを主材とする基板10を用意する。この基板10は、平面光導波路における下部クラッド層となるものである。

【0017】次に、光導波領域としてのコア部が作り込まれるガラス微粒子層12を形成する。この層12の形成方法としては種々考えられるが、この実施例では、図1に示すように、酸水素炎バーナ14を用い、酸水素炎中にガラス微粒子の原料となる塩化ケイ素(SiC<sub>14</sub>)等の原料ガスを燃料(O<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>)と共に送り込みながら、火炎中で生成される石英ガラスの微粒子を基板10に直接吹き付けることにより行う。また、この石英ガラス微粒子の吹付けに際しては、ドーバント原料たる塩化ゲルマニウム(GeCl<sub>4</sub>)が原料ガス中に送り込まれる。バーナ14は基板10の上方で繰り返し移動され、これにより厚さの均一なガラス微粒子層12が形成される。

【0018】この後、ガラス微粒子層12が形成された基板10を焼結炉(図示せず)中で加熱した後、徐冷すると、ガラス微粒子層12は透明ガラス化する。これにより、基板10上には酸化ゲルマニウムがドープされた石英ガラス層(第1の層)12が形成される。

【0019】このようにして形成される石英ガラス層12の厚さや酸化ゲルマニウムのドープ濃度等は様々であるが、例えば厚さ8μm、酸化ゲルマニウムドープ濃度5wt%とするのが好適である。

【0020】次に、図2に示すように、光導波領域としてのコア部16を石英ガラス層12に形成すべく、石英ガラス層12の上方の紫外光光源18から紫外光を石英ガラス層12の上面に照射する。この場合、紫外光光源18として例えばアルゴンレーザ光源(波長244nmのコヒーレントな紫外光発光)やKrFエキシマレーザ光源(波長248nmのコヒーレントな紫外光発光)を用いることが好ましい。そして、形成すべきコア部16と同じパターンのスリット20を有するマスク22を石英ガラス層12と光源18との間に配置した後、光源18から紫外光を照射する。

【0021】光源18から紫外光が照射されると、その紫外光はマスク22のスリット20を透過して、所望部分のみを照らす。石英ガラス層12のこの紫外光照射部分は、前述したように紫外光照射により徐々に屈折率が変化し、コア部16を形成していく。

【0022】紫外光の照射中は、例えば、コア部16となる部分の一端にLED光源等の発光素子(図示せず)を対向配置すると共に、他端に受光素子(図示せず)を

対向配置し、発光素子から光を受光素子で受けてその受光量をモニターするのが好適である。紫外光照射により徐々にコア部16が形成されていくと、その形成の度合いに応じて受光素子による受光量が増すため、受光量が所定値に達した時点で紫外光の照射を停止すれば、所望の屈折率のコア部16が形成されることとなる。上記酸化ゲルマニウムドープ濃度の場合、紫外光照射時間は、通常、10~2000秒となる。

【0023】尚、この紫外光照射は、コア部16の形成が飽和状態に至るまで行つてはならないことに注意すべきである。この実施例では、コア部16の形成後、同じく紫外光の照射により回折格子を形成するため、飽和状態に至ったならば、それ以降に紫外光を照射しても、回折格子は実質的に形成されないこととなるからである。

【0024】上述したようにコア部16が形成されたならば、図3に示すように、マスク22に代えて位相格子24を配置し、通常の位相格子法に基づき、石英ガラス層12のコア部16に紫外光を位相格子24を介して干渉させつつ照射し、屈折率がコア部16の光軸に沿つて所定周期で変化した領域を形成する。

【0025】より詳細に述べるならば、位相格子24を基板10に隣接して平行に配置すると共に、紫外光光源18から出射された紫外光が位相格子24の表面の法線方向に対して所定角度θで入射されるよう、光源18の位置を調節する。位相格子24は、所定間隔Δ'で格子を配列して形成されている。光源18からの紫外光が位相格子24を透過すると、所定間隔Δ(=Δ')の干渉縞がコア部16の所定領域に形成され、紫外光の強度の違いからコア部16の屈折率変化の度合いが位置により異なり、回折格子26が作り込まれていく(図4参照)。

【0026】この実施例では、コア部16のみならず、コア部16の両側のクラッド部28にも干渉縞を形成することとしている。石英ガラス層12のクラッド部28には、コア部形成時に紫外光が照射されていないので、このクラッド部28にも回折格子26が形成される(図4参照)。この回折格子26が形成されたクラッド部28では、コア部16を伝搬する導波光のみならず、導波光のうちクラッド部28側に放射される光も反射され、モードフィールド全域にわたって導波光が反射されるので、高い反射率を有することとなる。

【0027】尚、回折格子26の形成中、LED光源等の発光素子(図示せず)からの光をコア部16に入射し、この光を受ける受光素子(図示せず)の出力をスペクトルアラナイザ(図示せず)にリアルタイムでモニターすることが好適である。ここで、スペクトルアラナイザは、回折格子26を透過した光について波長と光強度との関係を検出するものである。紫外光の照射が開始されると、回折格子26の形成が進むので、透過スペクトルにおいて透過光の強度が反射波長を中心に減少する。

従って、透過スペクトルに変化がなくなれば、回折格子26の形成が飽和したと考えられるので、この時点で紫外光の照射を停止すればよいことになる。上記酸化ゲルマニウムドープ濃度の場合、紫外光照射時間は、通常、10~2000秒となる。

【0028】コア部16及び回折格子26が形成されたならば、最後に、石英ガラス層12の上に上部クラッド層(第2の層)30を形成する(図5参照)。この上部クラッド層30を形成する方法としては色々と考えられるが、石英ガラス層12を形成する場合と同様に、酸水素炎中に塩化ケイ素等の原料ガスをバーナ14に送り込みながら、火炎中で生成されるガラス微粒子を石英ガラス層12の上面に吹き付けることにより行ってガラス微粒子層30を形成し、その後、焼結炉中で加熱してから徐冷して透明ガラス化を行う方法が好適である。

【0029】以上述べたようにして、コア部16に回折格子26が作り込まれた平面光導波路を作製することができるが、回折格子26の形成方法としては、いわゆるホログラフィック干渉法を用いて干渉縞を形成する方法もある。

【0030】具体的には、図6に示すように、干渉機構40を用いて干渉空間42を生成するように、紫外光光源18から出射されたコヒーレントな紫外光を干渉させる。この干渉空間42となる位置には、図2に示す工程でコア部16が形成された基板10が配置される。干渉機構42は、基本的には、ビームスプリッタ44及びミラー46, 48から構成されている。ビームスプリッタ44は、光源18からの紫外光を2本の光に分岐させる。ミラー46, 48は、ビームスプリッタ44からの分岐紫外光をそれぞれ反射し、石英ガラス層12のコア部16の光軸方向に対して所定角度 $\theta_1$ ,  $\theta_2$ でそれぞれ入射して共面ビームとして相互に干渉させる。尚、入射角度 $\theta_1$ ,  $\theta_2$ は相互に補角であり、これらの和は180度となる。この場合、石英ガラス層12の上面の法線に対する紫外光の入射角度 $\alpha$  ( $= 90^\circ - \theta_1$ ) と紫外光の波長 $\lambda$ を用い、干渉空間42における干渉縞の間隔 $\Lambda$ は、

$$\Lambda = \lambda / (2 \sin \alpha)$$

となる。従って、コア部16の紫外光照射領域には、異なる屈折率を有する領域が干渉縞の間隔 $\Lambda$ を周期としてコア部16の光軸方向に配列されるので、回折格子26が形成されることになる。

【0031】周知なプラグの回折条件に基づいてコア部16の屈折率と回折格子26の周期 $\Lambda$ とを用い、この回折格子26の反射波長 $\lambda_R$ は、

$$\lambda_R = 2n\Lambda = \lambda n / \sin \alpha$$

となる。

【0032】このようにして回折格子26が形成されたならば、上述したように、上部クラッド層30を形成し

て、平面光導波路が完成する。

【0033】上記実施例では、同じ紫外光光源18をコア部16及び回折格子26を形成するのに用いているが、コア部16と回折格子26とを別個の紫外線照射装置によりそれぞれ形成することとしてもよい。例えば、コア部16の形成は、スリット20を有するマスク22を用いずに、紫外光の照射点を移動させることによりコア部16を形成する方法を探ることができる。

【0034】また、上記実施例では、石英ガラス基板10を用いているが、表面に下部クラッド層として石英ガラス層が形成されたシリコン基板等を用いることもできる。

【0035】更に、石英ガラスに添加される酸化ゲルマニウムの量は上記のものに限られず、また、屈折率低下剤としてフッ素やホウ素、リン等を適宜添加してもよい。

【0036】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、コア部の形成を紫外光照射という簡単な方法で行うことができる。また、回折格子の形成も紫外光照射で行うので、コア部及び回折格子の形成を一連の紫外光照射という工程で行うことができ、回折格子を有する平面光導波路の作製が大幅に簡略化されることとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による平面光導波路の作製方法の一工程を示す概略図であり、コア部が作り込まれる石英ガラス層の形成方法を示す図である。

【図2】本発明の一実施例による平面光導波路の作製方法の一工程を示す概略斜視図であり、コア部の形成方法を示す図である。

【図3】本発明の一実施例による平面光導波路の作製方法の一工程を示す概略図であり、コア部に回折格子を位相格子法により作り込んでいるところを示す図である。

【図4】石英ガラス層にコア部及び回折格子が形成された状態を示す概略斜視図である。

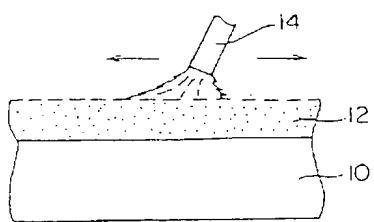
【図5】本発明の一実施例による平面光導波路の作製方法の一工程を示す概略図であり、平面光導波路の上部クラッド層の形成方法を示す図である。

【図6】位相格子法に代え、ホログラフィック干渉法により回折格子をコア部に作り込んでいるところを示す概略図である。

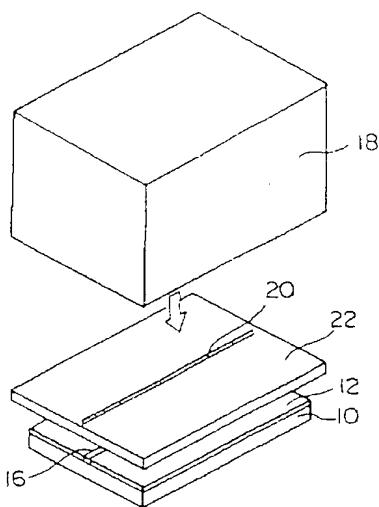
【符号の説明】

10…基板、12…石英ガラス層(第1の層)、14…バーナ、16…コア部、18…紫外光光源、20…スリット、22…マスク、24…位相格子、26…回折格子、28…クラッド部、30…上部クラッド層(第2の層)、40…干渉機構、42…干渉空間、44…ビームスプリッタ、46, 48…ミラー。

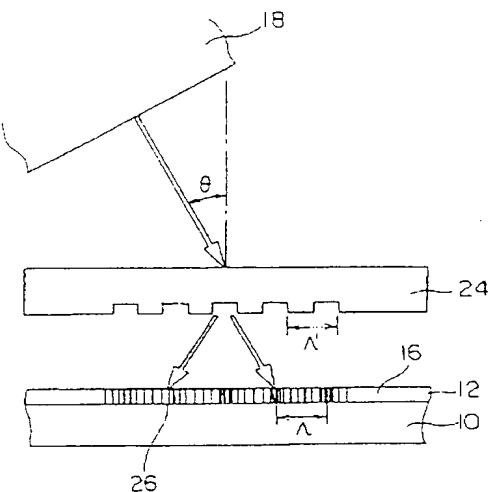
【図1】



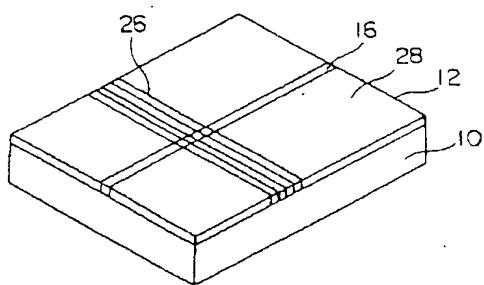
【図2】



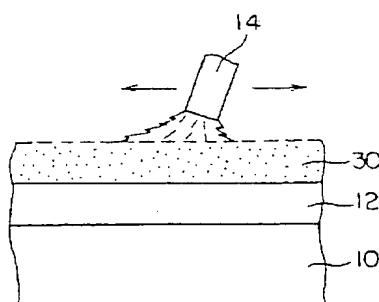
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

